

Differentiatie in het Middelbaar Onderwijs: De Rol van Kunstmatige Intelligentie

C.A.M. van Asselt

SNR: 2053735

Bachelorscriptie Communicatie- en Informatiewetenschappen

Specialisatie: Bedrijfscommunicatie & Digitale Media

Tilburg University, Tilburg

Woordenaantal: 6543

Begeleider: Jan de Wit

Tweede lezer: Elger Abrahamse

Juni 2024

Abstract

Deze studie onderzoekt de rol van kunstmatige intelligentie (AI) in differentiatie binnen het Nederlandse middelbaar onderwijs. Een systematische review van bestaande literatuur richtte zich op de toepassing van AI voor gepersonaliseerde ondersteuning en de bijbehorende effecten op zowel leerlingen als docenten. De belangrijkste resultaten tonen aan dat AI effectieve gepersonaliseerde ondersteuning biedt, leerprestaties verbetert en de werkdruk voor docenten verlicht. De conclusie benadrukt dat AI kan dienen als een waardevol hulpmiddel voor differentiatie in het onderwijs, met positieve implicaties voor zowel leerlingen als docenten. Voor toekomstig onderzoek wordt aanbevolen om de integratie van AI in onderwijsstrategieën verder te verkennen met betrekking tot ethische kwesties.

Verklaring van technologiegebruik

Voor mijn thesis heb ik gebruikgemaakt van ChatGPT, om te helpen bij het brainstormen voor ideeën voor mijn onderzoeksvraag. Ook heb ik ChatGPT gebruikt om mijn zinnen te controleren of verbeteren. Voor de rest heb ik bij mijn theoretisch kader soms het programma Consensus gebruikt om passende bronnen te vinden.

Inhoudsopgave

Abstract.....	2
Verklaring van technologiegebruik.....	3
Inhoudsopgave.....	4
1. Inleiding.....	5
2. Theoretisch kader.....	6
2.1 Leerlingen als individuen.....	6
2.2 Kwaliteit van lesgeven en differentiatie.....	8
2.3 Kunstmatige intelligentie in educatie.....	10
3. Methode.....	12
3.1 Databases.....	12
3.2 Zoektermen.....	12
3.3 Selectiecriteria.....	12
3.4 Data-analyse.....	13
4. Resultaten.....	14
4.1 Gepersonaliseerde ondersteuning in het onderwijs door kunstmatige intelligentie.....	15
4.2 Resultaten voor studenten door het gebruik van gepersonaliseerde AI.....	17
4.3 Gepersonaliseerde onderwijsondersteuning voor docenten door middel van gebruik van kunstmatige intelligentie.....	20
5. Discussie en conclusie.....	21
5.1 Theoretische en praktische implicaties.....	23
5.2 Limitaties en suggesties voor vervolgonderzoek.....	24
5.3 Conclusie.....	25
Referenties.....	27

1. Inleiding

In 2023 kampte het Nederlandse voortgezet onderwijs met een tekort van 3800 fte (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 2023). Dit tekort resulteerde erin dat middelbare scholen vaak moeite hadden om hun personeelsformatie compleet te maken, wat leidde tot het uitvallen van lessen (Moerland, 2023). Om het uitvallen van lessen op te vangen, grijpen middelbare scholen vaak naar alternatieven zoals de inzet van onderwijsassistenten. Daarnaast richten ze onderwijspleinen in waar leerlingen zelfstandig aan hun studie kunnen werken (Moerland, 2023). Dit gaat ten koste van persoonlijke begeleiding bij bepaalde vakken. Terwijl persoonlijke begeleiding belangrijk is voor de kwaliteit van onderwijs (Stipek et al., 1998).

Door persoonlijke begeleiding kunnen leerlingen die moeite hebben met bepaalde onderwerpen extra aandacht krijgen en leerlingen die goed zijn in bepaalde onderwerpen extra uitdaging krijgen. Docenten kunnen dit doen door aangepaste ondersteuning te bieden aan leerlingen. Deze op maat gemaakte manier van lesgeven kan ook wel differentiatie genoemd worden, waarbij de instructie wordt aangepast aan de individuele behoeften van de leerlingen (Roiha & Heinonen, 2023).

Een specifieke manier om persoonlijke ondersteuning te bieden is de *scaffolding* techniek. Hierbij testen docenten het begripsniveau van de leerlingen, bieden zij extra ondersteuning waar nodig en controleren ze wat de leerling heeft geleerd. Het toepassen van deze techniek verbetert de kwaliteit van lesgeven (Van De Pol et al., 2013). Door deze aangepaste instructies worden de motivatie en betrokkenheid bij het leren vergroot, wat resulteert in betere leerprestaties (Tomlinson et al., 2003). Differentiatie is het overkoepelende concept van op maat gemaakte persoonlijke begeleiding, waar technieken zoals scaffolding onder vallen.

Ondanks dat differentiatie als een van de belangrijkste aspecten benoemd wordt van kwaliteit van lesgeven, is dat iets waar docenten moeite mee hebben (Van Geel et al., 2018). Buiten dat het toepassen van differentiatie als complex wordt ervaren door docenten, hebben docenten ook niet genoeg tijd om hun leerlingen persoonlijk te ondersteunen. Van Geel en collega's geven aan dat hier trajecten voor ontwikkeld moeten worden, zodat docenten hier in getraind kunnen worden. Alleen het ontwikkelen van deze trajecten kost weer tijd en geld.

Kunstmatige intelligentie (AI) kan mogelijk ondersteunen bij differentiëren in het onderwijs. Kunstmatige intelligentie zijn computersystemen die in staat zijn menselijke processen te repliceren door gebruik te maken van datasets (Popenici & Kerr, 2017). AI kan in het onderwijs ondersteuning bieden door gepersonaliseerde leertrajecten te creëren die

precies passen bij het niveau van leerlingen. Hierdoor krijgt ieder individu de beste kans om te presteren naar zijn of haar eigen mogelijkheden en talenten.

Door de komst van het populaire kunstmatige intelligentiemodel 'ChatGPT' kwam het gebruik van kunstmatige intelligentie in het onderwijs afgelopen jaar veel in het nieuws. In de eerste vier maanden na de komst van ChatGPT begonnen veel studerende jongeren tussen de 18 en 28 jaar het taalmodel uit zichzelf te gebruiken. Bij middelbare scholieren lag dit aantal lager, maar het geeft aan dat AI potentie biedt om te ondersteunen bij het studeren (Nikkel, 2024). Door deze snelle toename in het gebruik van kunstmatige intelligentie door studenten zijn onderwijsinstanties bezig met het bedenken op welke manier ze AI gebruikt kan worden in het onderwijs (Wijkman-van Aalst, 2023).

In deze scriptie richt ik mij op het middelbaar onderwijs, omdat leerlingen op de middelbare school meer geconfronteerd worden met een grotere mate van zelfstandigheid dan in het basisonderwijs. Bovendien hebben docenten van middelbare scholen meerdere klassen waardoor zij leerlingen minder goed kennen dan op basisscholen. Daarom moeten zij hun eigen leerstrategieën ontwikkelen en zelfregulerend worden, waardoor het toegevoegde waarde heeft om persoonlijke begeleiding te ontvangen (Zimmerman, 2002).

Hoewel er al eerder onderzoek is gedaan naar kunstmatige intelligentie in het onderwijs, is er een gebrek aan een overkoepelend overzicht over welke rol AI kan spelen in differentiatie in het onderwijs. Om dit te onderzoeken, wordt gekeken naar de mogelijkheden van AI en de voor- en nadelen van het gebruik ervan. Een systematische review over kunstmatige intelligentie in het onderwijs vormt de basis van dit onderzoek, waarbij de bevindingen worden toegepast op het bieden van gepersonaliseerde ondersteuning aan leerlingen. Daarom luidt mijn onderzoeksvraag als volgt:

"In hoeverre kan kunstmatige intelligentie worden ingezet voor differentiatie in het Nederlandse middelbaar onderwijs, en welke potentiële voor- en nadelen brengt dit met zich mee voor leerlingen?"

2. Theoretisch kader

2.1 Leerlingen als individuen.

Traditioneel werden alle leerlingen als gelijk gezien (Miller et al., 1931 in Harris & Graham, 1994). Volgens het constructivisme, een onderwijstheorie die stelt dat kennis actief wordt opgebouwd door ervaringen en interacties, zijn leerlingen zeer divers (Harris & Graham, 1994). Een belangrijke suggestie vanuit het constructivisme is dus dat leerlingen niet als gelijk gezien moeten worden, omdat leerlingen divers zijn. Het constructivisme is een stroming die stelt dat kennis niet passief maar actief wordt opgebouwd door te leren op basis

van ervaringen en interacties (Sutinen, 2007). In de rol van het onderwijs zouden docenten op interactieve wijze les moeten geven, zodat leerlingen actief leren van deze interacties en ervaringen (Sutinen, 2007). Daarbij is het van belang dat docenten focussen op de groei van de leerling, door in te spelen op de kennis die de leerling heeft en vanuit daar nieuwe kennis bijbrengen (Roschelle, 1997). Echter hebben alle leerlingen diverse voorkennis en leertempo's, waardoor het niet effectief is om voor één groep een standaard manier van les te geven (Leppink et al., 2012).

In het Nederlandse middelbaar onderwijs worden leerlingen na de basisschool wel op verschillende niveaus ingedeeld, passend bij hun leervermogen. Deze niveaus omvatten het voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs (vmbo), onderwijs gericht op het hoger beroepsonderwijs (havo), en onderwijs dat voorbereidt op wetenschappelijk onderwijs (vwo) (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 2021). Binnen deze indeling wordt er echter weinig verschil gemaakt op basis van diversiteit van leerlingen. Dit komt mede dankzij ouders en docenten die willen dat iedereen gelijk behandeld wordt (de Raad & Schouwburg, 1996). Terwijl het beter is voor het leerproces dat iedere leerling persoonlijk aangepaste ondersteuning krijgt op basis van zijn of haar voorkennis en context (Kirschner et al., 2006).

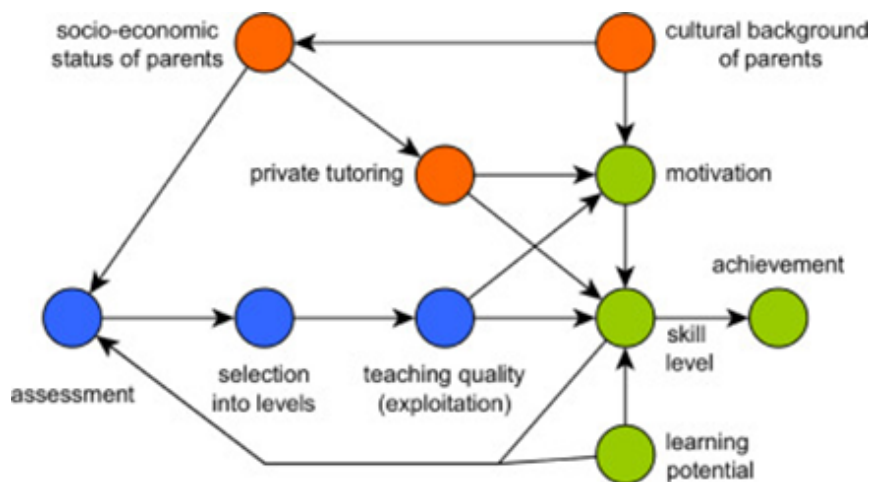
Er zijn verschillende externe factoren die ervoor zorgen dat leerlingen verschillen van kennis, zoals culturele achtergronden en socio-economische status van ouders (Scheider et al., 2023). Zo zie je dat leerlingen met hoger opgeleide ouders meer kans hebben op advies van een hoger niveau op de middelbare school (Scheider et al., 2023). Dit komt doordat hoger opgeleide ouders hun kinderen meer kennis meegeven en zij vaker geld hebben om hun kinderen individuele ondersteuning te geven door middel van bijlessen (Kraaykamp et al., 2013). Een causaal diagram in figuur 1 illustreert hoe de sociale achtergrond de kansen van kinderen beïnvloedt, waarbij ook wordt aangetoond dat de kwaliteit van docenten deze ongelijkheid kan verminderen.

Naast de verschillen in sociale achtergronden zijn er ook verschillende psychologische aspecten en vaardigheden die van invloed zijn op leerprestaties. Persoonlijkheidskenmerken zoals consciëntieusheid, vriendelijkheid en openheid vertonen significante correlaties met academische prestaties (Poropat, 2009). Aan de andere kant kan emotionele instabiliteit de academische prestaties mogelijk belemmeren (Chamorro-Premuzic & Furnham, 2003). Elk kind heeft andere persoonlijkheidskenmerken en daarom ook andere behoeftes bij het leren (Van Bommel et al., 2015).

Uit de bovengenoemde onderzoeksresultaten blijkt dat verschillende factoren bijdragen aan de variatie in prestatieniveaus en behoeftes onder leerlingen. Als ieder kind

dezelfde behandeling krijgt, ontstaat er een groter verschil tussen kinderen van hogere socio-economische achtergronden en lagere socio-economische achtergronden (Scheider et al., 2023). Daarbij hebben leerlingen diverse persoonlijkheidskenmerken die invloed hebben op hun behoeftes rondom leren (Van Bommel et al., 2015). Daarom zou een persoonlijke aanpak, leerprestaties van kinderen bevorderen en ook ongelijke kansen door de omgeving kunnen verkleinen en daarmee de kwaliteit van lesgeven verbeteren.

Figuur 1



Causaal diagram met factoren die invloed hebben op de resultaten van leerlingen. Bron: Scheider, S., Rosenfeld, S., Bink, S., & Lecina, N. (2023). Educational inequality due to lack of validity: A methodological critique of the Dutch school system.

2.2 Kwaliteit van lesgeven en differentiatie

Met zes domeinen kan de kwaliteit van lesgeven van docenten gemeten worden, namelijk leerklimaat, klassenmanagement, helderheid van instructies, activerend onderwijs, differentiatie en onderwijsleerstrategieën (Van De Grift et al., 2014). Duidelijke instructies geven aan een hele klas is belangrijk, maar niet genoeg voor leerlingen die moeite hebben met de stof (Van De Grift, 2007). Deze leerlingen hebben namelijk extra uitleg en aandacht nodig om het nodige niveau te halen. Een quasi-experiment toonde aan dat leerlingen die getest werden op waar de problemen lagen bij wiskunde en hier vervolgens extra hulp bij kregen beter gingen presteren (Houtveen et al., 2004). Deze aanpak is de kern van differentiatie, kijken waar de problemen zitten en daar extra instructie bieden. Of andersom, wanneer leerlingen uitblinken in onderwerpen, kunnen zij extra uitgedaagd worden of

opdrachten overslaan. Hierdoor kunnen zij hun tijd beter besteden aan andere opdrachten of taken (Ouyang & Ye, 2023).

Wetenschappelijk onderzoek toont aan dat gedifferentieerde instructie effectief is in het bevorderen van academische prestaties en motivatie bij zowel gevorderde leerlingen als leerlingen die meer moeite hebben. Deze aanpak kan het zelfvertrouwen, doorzettingsvermogen en de intrinsieke motivatie van gevorderde leerlingen aanzienlijk verbeteren door instructies af te stemmen op hun specifieke leerstijlen, wat hun betrokkenheid en begrip vergroot. Zo bleek uit een studie dat eersteklassers in een gevorderde wiskundeklas profiteerden van uitdagende activiteiten, wat leidde tot betere vaardigheden (Cawley, 2017). Door instructies te differentiëren voor gevorderde leerlingen, worden zij voldoende uitgedaagd en betrokken gehouden. Gevorderde leerlingen profiteren ervan wanneer hun interesses en percepties worden meegenomen, waardoor ze kunnen uitblinken binnen het curriculum (Manning et al., 2010). Bovendien liet een andere casestudy zien dat gedifferentieerde instructie juist leerlingen helpt die worstelen met onderwerpen om succesvol te leren (Morgan, 2014).

Docenten kunnen differentiatie toepassen in het onderwijs om tegemoet te komen aan de diverse leerbehoeften van studenten. Dit kan bijvoorbeeld door het aanbieden van verrijkingsmateriaal voor gevorderde leerlingen en extra ondersteuning voor leerlingen die moeite hebben met de stof is hierbij essentieel (Hertberg-Davis, 2009; Subban, 2006). Daarnaast kunnen docenten diverse onderwijsmethoden en activiteiten gebruiken, zoals groepswerk, individuele opdrachten, visuele hulpmiddelen en technologie, om de betrokkenheid en het begrip te vergroten (Eikeland & Ohna, 2022). Flexibele groepering van leerlingen op basis van hun leerbehoeften, kan ook effectief zijn om te bevorderen dat leerlingen van elkaar leren (Smale-Jacobse et al., 2019). Verder helpt regelmatige evaluatie en feedback docenten om inzicht te krijgen in de voortgang van hun leerlingen en hun instructie dienovereenkomstig aan te passen, bijvoorbeeld door middel van toetsen, observaties en individuele gesprekken (Dack, 2018). Differentiatie in het onderwijs stelt docenten in staat om effectief in te spelen op de diverse leerbehoeften van hun leerlingen, wat leidt tot betere leerresultaten en een inclusieve leeromgeving.

Hoewel het differentiëren in het klaslokaal veel positieve effecten kan leveren, blijft het voor veel docenten lastig om toe te passen (Van Geel et al., 2018). Zo is het signaleren van leerlingen die extra hulp of uitdagingen nodig hebben lastig in een grote groep (Bosker, 2005). Ook geeft Bosker aan dat wanneer scholen dit het meest effectief willen aanpakken, scholen extra onderwijspersoneel nodig hebben. Dit zijn weer extra kosten en niet alle

scholen hebben dat tot hun beschikking. Daarbij heerst er een tekort aan personeel in het onderwijs, waardoor scholen zelfs als ze de middelen ervoor hebben niet altijd personeel kunnen vinden (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 2023).

Naast de extra kosten die nodig zijn voor het inzetten van extra personeel of het verkleinen van klassen, zijn er ook andere factoren die het voor docenten lastig maken om te differentiëren. Ten eerste moeten leraren lessen voorbereiden en uitvoeren met oog voor de verschillen tussen leerlingen, wat een grondige analyse en voortdurende monitoring tijdens de les vereist. Daarnaast vereist effectieve differentiatie diepgaande kennis over de leerlingen en het vakgebied, zodat leraren weloverwogen beslissingen kunnen nemen. Verder wordt de complexiteit van differentiatie beïnvloed door verschillende factoren, zoals de lesinhoud, de samenstelling van de groep, de ondersteuning van de school, het curriculummateriaal en de gegevens over de prestaties en vorderingen van leerlingen (van Geel et al., 2018). Deze uitdagingen onderstrepen de behoefte aan een goed ondersteunde aanpak om effectieve differentiatie in het onderwijs te realiseren.

2.3 Kunstmatige intelligentie in educatie

Een mogelijke strategie om docenten te ondersteunen bij het differentiëren zonder extra personeel in te zetten, is het gebruik van technologie. Uit onderzoek blijkt dat er een positief effect is van gepersonaliseerde leerprogramma's met behulp van technologie op leerprestaties (Major et al., 2021). Een technologie die docenten zou kunnen ondersteunen bij het differentiëren, is kunstmatige intelligentie (AI). Een van de eerste bekende onderzoeken die vaak wordt aangehaald om kunstmatige intelligentie te beschrijven, is dat van McCarthy (1963). In dat onderzoek ontwikkelde hij een systeem dat situaties zo nauwkeurig mogelijk beschreef, met als doel dat dit systeem situaties kan simuleren. Op basis van het onderzoek van McCarthy kunnen we kunstmatige intelligentie definiëren als computersystemen die in staat zijn menselijke processen te repliceren door gebruik te maken van gegevens voor complexe verwerkingstaken (Popenici & Kerr, 2017).

AI-systemen hebben aanzienlijk meer rekenkracht en verwerken data veel sneller dan mensen, zoals aangetoond door Salehi en Burgueño (2018). Een van de voornaamste toepassingen van kunstmatige intelligentie is het automatiseren van taken, wat impliceert dat AI mogelijk routineuze taken zoals het monitoren van leerlingen kan overnemen (Barenkamp et al., 2020). Daarnaast kan kunstmatige intelligentie goed complexe patronen herkennen, iets wat voor de menselijke cognitie lastig is (Marcus et al., 2018). Hierdoor heeft AI de potentie om patronen te herkennen in de uitdagingen waarmee veel leerlingen worden geconfronteerd,

waardoor onderwijs aangepast kan worden om beter aan te sluiten bij individuele behoeften. Door AI te benutten voor het analyseren van leerpatronen kunnen we niet alleen de effectiviteit van onderwijs verbeteren, maar ook een meer gepersonaliseerde leerervaring bieden die aansluit bij de individuele behoeften van elke leerling.

Ondanks dat het gebruik van AI voordelen biedt voor docenten, zijn er ook mogelijke nadelen. Een van de nadelen van het gebruik van kunstmatige intelligentie in scholen is dat AI veel gegevens van leerlingen verzamelt om leerlingen goed te kunnen monitoren (Vinod et al., 2022). Als er een datalek zou plaatsvinden, zou dit negatieve gevolgen kunnen hebben. Daarbij is het vaak moeilijk te begrijpen hoe AI-systemen tot hun beslissingen komen, wat problemen oplevert voor transparantie en het toewijzen van verantwoordelijkheid bij fouten of misbruik (Green, 2018). Tot slot komt er steeds vaker in het nieuws dat het gebruik van kunstmatige intelligentie slecht is voor het milieu (NOS, 2023). Dit komt doordat het ontzettend veel stroom verbruikt. Ook deze nadelen moeten worden meegenomen bij het afwegen van de voor- en nadelen van het gebruik van AI voor differentiatie in het onderwijs.

In het licht van bovenstaande bevindingen is het belangrijk om de mogelijkheden van kunstmatige intelligentie (AI) in het onderwijs te onderzoeken. Hieronder worden drie hypothesen geïntroduceerd die zich richten op het potentieel van AI om gepersonaliseerd onderwijs te ondersteunen en verbeteren.

H1: AI is in staat om gepersonaliseerd onderwijs voor middelbare scholieren aan te bieden.

H2: Het gebruik van gepersonaliseerde AI zorgt voor positieve resultaten voor leerlingen.

H3: Docenten kunnen ondersteund worden door gepersonaliseerde AI in het onderwijs.

De eerste hypothese is gebaseerd op de bestaande kennis dat kunstmatige intelligentie veel rekenkracht heeft en data snel kan verwerken. AI is een computersysteem dat in staat is menselijke processen te repliceren door gebruik te maken van gegevens voor complexe verwerkingstaken. Door de mogelijkheden om menselijke processen te kunnen repliceren wordt er verwacht dat AI technisch gezien in staat is om gepersonaliseerd onderwijs voor middelbare scholieren aan te kunnen bieden. De verwachtingen van de tweede hypothese zijn gebaseerd op de hierboven genoemde onderzoeken die stellen dat differentiatie zorgt voor positieve effecten voor leerlingen. Er wordt verwacht bij het inzetten van kunstmatige intelligentie dat dit, net zoals bij differentiatie door docenten, positieve effecten zal hebben op leerlingen. Tot slot is hypothese drie gebaseerd op de bestaande kennis dat AI-systemen de werkdruk van docenten kunnen verlichten door routinetaken te automatiseren en complexe

patronen te herkennen waardoor de verwachtingen zijn dat AI-systemen taken over kunnen nemen van docenten.

3. Methode

3.1 Databases

Om literatuur te vinden die past bij de onderzoeksvraag en hypotheses, is gebruikgemaakt van ACM Digital Library. De ACM Digital Library is een uitgebreide database die zich richt op onderzoek en publicaties op het gebied van computerwetenschappen en informatica. Aangezien deze scriptie over Artificial Intelligence gaat past deze technische database het best.

3.2 Zoektermen

Om de hypotheses en daarmee ook de onderzoeksvraag te beantwoorden, heb ik de volgende zoekopdracht gebruikt:

“education AND (personal* OR individual* OR adapt* OR differentiation OR scaffolding) AND ("artificial intelligence" OR ai OR "machine learning" OR "large language model" OR llm)”. Hieruit kwamen 87 resultaten.

De zoekterm: *education* is gebruikt, zodat er alleen onderzoeken over educatie naar voren komen. Daarnaast moet er een van de termen *personal*, *individual*, *adapt*, *differentiation* of *scaffolding* in staan omdat er in de resultaten iets over differentiatie/aanpassingsvermogen moet staan. Tot slot is het een vereiste dat de geanalyseerde studies over een vorm van kunstmatige intelligentie gaan, dus vandaar dat het een van de volgende termen moet bevatten: *artificial intelligence*, *AI*, *machine learning*, *large language model* of *llm*. Er werd niet alleen gekeken naar het middelbaar onderwijs, maar ook naar het basis- en hoger onderwijs. Hier is geen onderscheid in gemaakt, omdat er anders te weinig artikelen over bleven om te analyseren.

3.3 Selectiecriteria

Om aan de gestelde criteria te voldoen, moeten de vermelde zoektermen in de titel en/of de abstract aanwezig zijn. De meeste van de uitgeselecteerde studies vertoonden echter geen verband tussen differentiatie en kunstmatige intelligentie, wat essentieel is om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden. Daarnaast waren er meerdere studies die zich niet richtten op het onderwijs, zoals artikelen van Eckroth (2018) en Rahdari et al. (2024). Ook werden onderzoeken over een zeer specifiek domein binnen het hoger onderwijs uitgesloten, zoals artikelen van Kirova et al. (2024) en Kurkovsky et al. (2024). Deze type artikelen

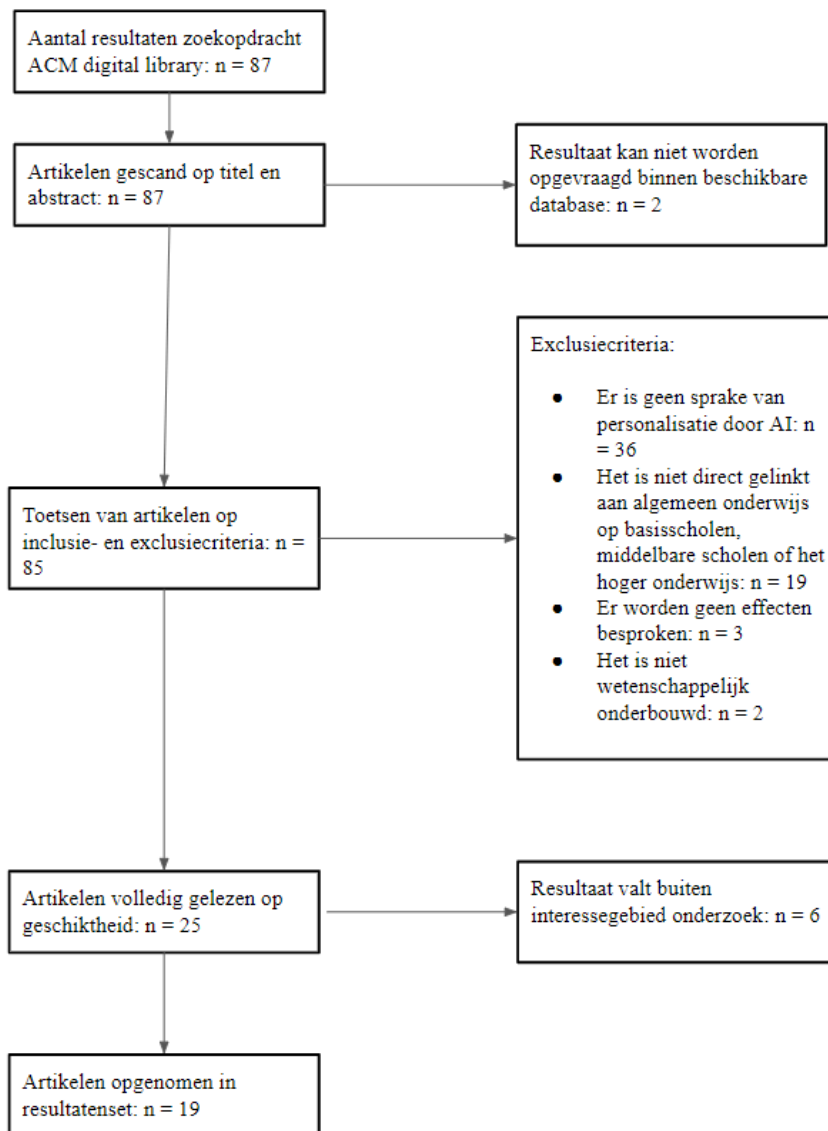
werden uitgesloten, omdat hun bevindingen niet te generaliseren zijn naar onderwijs op middelbare scholen. Daarbij werden artikelen waar geen empirische studie werd uitgevoerd en dus geen effecten gerapporteerd worden uitgesloten. Bovendien bleken enkele studies niet wetenschappelijk onderbouwd, zoals niet wetenschappelijk onderbouwde columns, en die zijn ook geëxcludeerd. Dit selectieproces is grafisch weergegeven in Figuur 2. De zoekopdracht werd uitgevoerd op 14 mei 2024 en leverde in totaal 87 resultaten op (voor het excluseren van studies). Na een analyse van deze resultaten aan de hand van de criteria, bleven er 19 relevante resultaten over. Deze zijn te vinden in figuur 2.

3.4 Data-analyse

Voor mijn analyse is er gebruikgemaakt van een tabel, om een overzicht te krijgen in de geanalyseerde artikelen. Hierbij is er gekeken naar de volgende categorieën: methode, participanten, meetinstrument, termijn van het onderzoek, onderwijsniveau, locatie van het onderzoek, belangrijkste bevindingen, effecten, implementatie en een reflectie van de kwaliteit van het onderzoek.

Figuur 2

Overzicht van het selectieproces



4. Resultaten

Om de inzetbaarheid van kunstmatige intelligentie voor differentiatie in het Nederlandse voortgezet onderwijs te belichten, werden er negentien onderzoeken geanalyseerd. Deze studies omvatten zeven experimentele onderzoeken, twee quasi-experimenten, zes literatuuronderzoeken en vier onderzoeken naar algoritmische modellen. Een kanttekening is wel dat van de geanalyseerde studies maar één onderzoek deels in Nederland is uitgevoerd. De resultaten uit andere landen schetsen dus een beeld van de mogelijkheden, maar dienen nader te worden onderzocht voor de Nederlandse context. Van de studies die zijn onderzocht zijn zeven studies (deels) in Europa uitgevoerd, zes (deels)

in Amerika, zes in Azië en één in Afrika. Een andere kanttekening is dat de studies op verschillende soorten onderwijs zijn gericht. Zes van de studies richten zich op hoger onderwijs, drie (deels) op middelbare scholen, vier studies (deels) op basisscholen en zeven studies richten zich niet op één type onderwijs maar op onderwijs in het algemeen.

De bevindingen van deze studies beantwoorden de drie opgestelde hypothesen. Veertien studies onderzochten of AI gepersonaliseerde ondersteuning kan bieden. Veertien van de negentien studies analyseerden de effecten van AI-gebruik op studenten. Tot slot werd in dertien van de negentien studies besproken in hoeverre AI docenten kan ondersteunen.

4.1 Gepersonaliseerde ondersteuning in het onderwijs door kunstmatige intelligentie.

De eerste hypothese die wordt getoetst, is: AI is in staat om gepersonaliseerd onderwijs voor middelbare scholieren aan te bieden. Van de negentien geanalyseerde studies waren er veertien die dit onderzochten, deze zijn weergegeven in Tabel 1.

In deze studies werden verschillende methoden gebruikt om gepersonaliseerde onderwijsondersteuning te bieden. Elf van de veertien onderzoeken onderzochten of ontwikkelden een model om met behulp van kunstmatige intelligentie adaptieve ontwerpen te maken op basis van input van studenten. Deze adaptieve ontwerpen dienden twee verschillende doeleinden: ten eerste het creëren en aanpassen van oefeningen, en ten tweede het ontwikkelen van een gepersonaliseerde leeromgeving. Twee studies maakten gebruik van AI voor beide doeleinden (Pashev et al., 2016; Slay et al., 2002). De overige drie studies waren literatuurstudies (Ferjaoui & Belcadhi, 2020; Mulwa et al., 2010; Slay et al., 2002).

Van deze studies richtten acht studies van de zestien artikelen zich specifiek op het creëren en aanpassen van leermaterialen tijdens gebruik van de kunstmatige intelligentie systemen in *real-time* (Abolnejadian et al., 2024; Conlan, 2000; Gong et al., 2018; Jáquez-Pérez & Villa-Maciel, 2021; Kim et al., 2023; O'Rourke et al., 2015; Pashev et al., 2016; Slay et al., 2002). Deze onderzoeken richtten zich op het creëren van door AI gegenereerde profielen, waarbij de persoonlijke kwaliteiten en leerstijlen van studenten werden ingezet om gepersonaliseerde leerervaringen te bieden. Wanneer gebruikers van de systemen moeite hadden of juist excelleerden in onderwerpen, werd daar in *real-time* op bijgestuurd. Bij zes van deze studies werden de profielen gemaakt op basis van kennis- en vaardigheden grafieken van de input van studenten (Abolnejadian et al., 2024; Gong et al., 2018; Jáquez-Pérez & Villa-Maciel, 2021; Kim et al., 2023; O'Rourke et al., 2015; Slay et al., 2002), terwijl het bij het onderzoek van Conlan (2000) meer ging om persoonlijke kenmerken. Het onderzoek van Pashev et al. (2016) maakte een profiel op basis van zowel

kennis en vaardigheden als persoonlijke kenmerken. Uit alle acht studies blijkt dat AI gepersonaliseerd onderwijs kan bieden.

Daarnaast gebruikten vijf studies AI om een aangepaste leeromgeving te creëren (Berlanga & García, 2005; Mulwa et al., 2010; Nazaretsky et al., 2022; Pashev et al., 2016; Slay et al., 2002). Anders dan de zeven studies die hiervoor genoemd werden, werden leerlingen bij deze studies van tevoren getest en bevraagd waardoor ze een passende leeromgeving kregen. Vier van de vijf studies analyseerden de gegevens van elke student op basis van hun prestaties en competenties. Op basis van deze profielen werden voor alle individuen aangepaste leeromgevingen en leerpaden geconstrueerd (Berlanga & García, 2005; Mulwa et al., 2010; Pashev et al., 2016; Slay et al., 2002). In de studie van Nazaretsky et al. (2022) werden de leerlingen ingedeeld in groepen op basis van hun profielen. Door deze groepsindeling konden de studenten passend onderwijs krijgen dat beter aansloot bij hun sterke en zwakke punten. Ook uit deze vijf studies blijkt dat AI gepersonaliseerd onderwijs kan aanbieden.

Vier onderzoeken pasten AI toe voor (*reverse*) *scaffolding*, waarbij extra instructie wordt geboden wanneer leerlingen moeite hebben. Winkler et al. (2020) gebruikten een chatbot voor gepersonaliseerde uitleg en vragen. Slay et al. (2002) implementeren dit in een e-learningprogramma. Waar de andere twee onderzoeken zich op *scaffolding* richtten, richtten Chase en Abrahamson (2015) op *reverse scaffolding*. Oftewel, zij lieten participanten op verkennende wijze een virtueel model bouwen. Terwijl ze daar mee bezig waren kregen gebruikers van de systemen bij elk punt waar ze het juiste hadden ontdekt meer informatie. Het verschil tussen *reverse scaffolding* en *scaffolding* zit dus in het feit dat leerlingen extra informatie krijgen nadat ze het goed doen, in plaats van wanneer ze met onderwerpen worstelen. Tenslotte deden Ferjaoui en Belcadhi (2020) een literatuuronderzoek naar modellen voor robots om interactieve instructies te genereren, waarbij een *scaffolding* techniek werd gebruikt. Uit hun onderzoek bleek dus ook dat het mogelijk was om te differentiëren door middel van AI in het onderwijs. Dus ook deze vier studies sluiten aan bij H1 dat AI in staat is om gepersonaliseerd onderwijs te bieden.

Op basis van deze resultaten kan de hypothese worden aangenomen dat het mogelijk is om door middel van AI onderwijsondersteuning te bieden aan middelbare scholieren. Hoewel er verschillen zijn tussen onderwijsniveaus en niet alle veertien studies zich specifiek richten op middelbare scholieren, blijkt uit alle veertien onderzochte studies dat AI effectief kan worden ingezet voor onderwijsdoeleinden. De studies personaliseren onderwijs door middel van AI en dit kan aangepast worden aan de specifieke behoeften van elk niveau.

Tabel 1*Overzicht van onderzoeken bij HI*

Auteurs	Jaar	Type studie	Type onderwijs	Herkomst studie
Abolnejadian et al.	2024	Experiment	Middelbaar onderwijs	Azië
Berlanga en García	2005	Onderzoek naar algoritmisch model	Hoger onderwijs	Europa
Chase en Abrahamson	2015	Quasi-experiment	Eind basisschool en begin middelbaar onderwijs	Noord-Amerika
Conlan	2000	Onderzoek naar algoritmisch model	Niet gespecificeerd	Europa
Ferjaoui & Belcadhi	2020	Literatuurstudie	Niet gespecificeerd	Afrika
Gong et al.	2018	Experiment	Basisschool	Azië
Jáquez-Pérez en Villa-Maciel	2021	Quasi-experiment	Middelbaar onderwijs	Noord-Amerika
Kim et al.	2023	Experimenteel	Niet gespecificeerd	Azië
Mulwa et al.	2010	Literatuurstudie	Hoger onderwijs	Europa
Nazaretsky et al.	2022	Experiment	Hoger onderwijs	Azië
O'Rourke et al.	2015	Onderzoek naar algoritmisch model	Basisschool	Noord-Amerika
Pashev et al.	2016	Onderzoek naar algoritmisch model	Niet gespecificeerd	Europa
Slay et al.	2002	Literatuurstudie	Hoger onderwijs	Oceanië
Winkler et al.	2010	Experiment	Hoger onderwijs	Europa

4.2 Resultaten voor studenten door het gebruik van gepersonaliseerde AI.

De tweede hypothese die werd getoetst luidt als volgt: *Het gebruik van gepersonaliseerde AI zorgt voor positieve resultaten voor leerlingen.* Veertien van de negentien studies keken naar de effecten van het gebruik van gepersonaliseerde AI op studenten en alle studies vonden een positief effect. Deze studies zijn te vinden in tabel 2.

Een belangrijk aspect is dat het voor leerlingen gunstig is als hun leerproces wordt aangepast aan hun eigen leerstijl. Uit acht van de dertien studies blijkt dat de meeste

leerlingen verschillende leerstijlen hebben, waardoor persoonlijke aanpassingen positieve effecten op hun prestaties hebben (Abolnejadian et al., 2024; Chen, 2020; Conlan, 2000; Ferjaoui & Belcadhi, 2020; Feyock & Ford, 1976; Kim et al., 2023; Mulwa et al., 2010; Pashev et al., 2016). De positieve effecten komen voort doordat leerlingen verschillen in voorkennis, kwaliteiten en leertempo, waardoor leerlingen slechter scoren bij een algemeen programma. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat kunstmatige intelligentie deze verschillen per persoon identificeert en zich daarop kan aanpassen (Chen, 2020; Conlan, 2000; Feyock & Ford, 1976; Kim et al., 2023).

Vijf studies tonen aan dat de adaptiviteit van AI ervoor zorgt dat leerlingen meer interactief leren (Abolnejadian et al., 2024; Ferjaoui & Belcadhi, 2020; Gong et al., 2018; Mulwa et al., 2010; Winkler et al., 2020). In het onderzoek van Gong et al. (2018) werden aanzienlijke verschillen in betrokkenheid gemeten, wat te verklaren valt door hogere mate van interactiviteit. De betrokkenheid was bij gebruik van de door AI gepersonaliseerde systemen significant hoger dan bij de niet-gepersonaliseerde systemen. Daarnaast gaven twee studies aan dat mensen het aantrekkelijker vinden om met robots te interacteren dan met niet-gepersonaliseerde programma's (Ferjaoui et al., 2020; Winkler et al., 2020).

Naast de positieve ervaringen met gepersonaliseerde onderwijsondersteuning, tonen zes experimentele studies aan dat het gebruik van kunstmatige intelligentie betere leerprestaties oplevert dan zonder het gebruik daarvan (Chase & Abrahamson, 2015; Feyock & Ford, 1976; Gong et al., 2018; Jáquez-Pérez & Villa-Maciel, 2021; Kim et al., 2023; Slay et al., 2002; Winkler et al., 2020). De verbeteringen in leerprestaties uiten zich bij verschillende aspecten binnen het onderwijs. Zo kregen individuen beter begrip van algebra door gebruik van *reverse scaffolding* door middel van AI (Chase & Abrahamson, 2015). Bij het onderzoek van Jáquez-Pérez en Villa-Maciel (2021) leidde het gebruik van hun app tot betere leesvaardigheid.

Uit de literatuurstudie van Mulwa et al. (2010) blijkt echter dat sommige onderzoeken suggereren dat specifieke aanpassingen aan leerstijlen geen significante impact hebben op de prestaties van de leerling. Zij suggereren dat alleen aanpassen op leerstijlen niet voldoende is om significante verbeteringen te bereiken. Het aanpassen van systemen aan meerdere contextuele invloeden zou meer impact kunnen hebben op prestaties. Deze bevindingen wijzen op de noodzaak van een bredere aanpak van gepersonaliseerd leren, waarbij meerdere factoren worden meegenomen om de effectiviteit te maximaliseren.

Andere factoren die bijdragen aan positieve resultaten voor leerlingen zijn bijvoorbeeld dat AI meer instructie mogelijk maakt bij onderwerpen waar leerlingen moeite

mee hebben (O'Rourke et al., 2015; Winkler et al., 2020). Daarnaast kan AI leermiddelen toewijzen op elk moment, zodat leerlingen niet hoeven te wachten op hulp (Slay et al., 2002). Tot slot kan kunstmatige intelligentie onderwijs toegankelijker maken voor studenten die door fysieke omstandigheden niet naar school kunnen (Ferjaoui et al., 2020).

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat het gebruik van gepersonaliseerde kunstmatige intelligentie aanzienlijke voordelen heeft voor het leerproces van studenten. Door het aanpassen van het onderwijs aan individuele behoeften en niveaus kunnen studenten effectiever en interactiever leren. Hoewel sommige studies suggereren dat aanpassingen op basis van leerstijlen alleen niet voldoende zijn, tonen alle resultaten aan dat integratie van meerdere contextuele invloeden positieve effecten heeft. Deze variëren van verbeterde leesvaardigheid en hogere scores tot verhoogde betrokkenheid en toegankelijkheid van onderwijs.

Tabel 2

Overzicht van onderzoeken bij H2

Auteurs	Jaar	Type studie	Type onderwijs	Herkomst studie
Abolnejadian et al.	2024	Experiment	Middelbaar onderwijs	Azië
Chase en Abrahamson	2015	Quasi-experiment	Eind basisschool en begin middelbaar onderwijs	Noord-Amerika
Chen	2020	Literatuurstudie	Basisschool	Azië
Conlan	2000	Onderzoek naar algoritmisch model	Niet gespecificeerd	Europa
Ferjaoui & Belcadhi	2020	Literatuurstudie	Niet gespecificeerd	Afrika
Feyock & Ford	1976	Experiment	Hoger onderwijs	Verenigde-Staten
Gong et al.	2018	Experiment	Basisschool	Azië
Jáquez-Pérez en Villa-Maciél	2021	Quasi-experiment	Middelbaar onderwijs	Noord-Amerika
Kim et al.	2023	Experimenteel	Niet gespecificeerd	Azië
Mulwa et al.	2010	Literatuurstudie	Hoger onderwijs	Europa
O'Rourke et al.	2015	Onderzoek naar algoritmisch model	Basisschool	Noord-Amerika

Pashev et al.	2016	Onderzoek naar algoritmisches model	Niet gespecificeerd	Europa
Slay et al.	2002	Literatuurstudie	Hoger onderwijs	Oceanië
Winkler et al.	2010	Experiment	Hoger onderwijs	Europa

4.3 Gepersonaliseerde onderwijsondersteuning voor docenten door middel van gebruik van kunstmatige intelligentie.

Tot slot wordt de derde hypothese getoetst: *Docenten kunnen ondersteund worden door gepersonaliseerde AI in het onderwijs*. Om deze hypothese te toetsen zijn dertien studies geanalyseerd en deze studies zijn te vinden in tabel 3. Deze studies tonen verschillende manieren waarop AI docenten kan ondersteunen met gepersonaliseerd onderwijs.

Acht studies benoemen, dat kunstmatige intelligentie in staat is om leermateriaal te genereren, verbeteren of automatiseren (Bassen et al., 2020; Berlanga & García, 2005; Chen, 2020; Gong et al., 2018; Nazaretsky et al., 2022; O'Rourke et al., 2015; Pashev et al., 2016; Winkler et al., 2020). Dit heeft niet alleen voordelen voor leerlingen, maar ook voor docenten, aangezien het hun tijd kan besparen en daarmee de werkdruk kan verlichten. Daarnaast kan het gebruik van AI docenten ook ondersteunen in het geven van feedback (Abolnejadian et al., 2024; Pashev et al., 2016). Of het monitoren van voortgang (Bannert et al., 2015; Jáquez-Pérez & Villa-Maciel, 2021). De hiervoor genoemde voordelen waarbij AI kan ondersteunen vallen normaliter in het normale takenpakket van docenten. Wanneer AI docenten ondersteunt bij de bovengenoemde taken, verlicht het de werkdruk voor docenten en kunnen zij meer investeren in andere zaken. Zoals, de psychologische groei van hun leerlingen (Chen, 2020).

Bovendien kan kunstmatige intelligentie niet alleen ondersteuning bieden bij alledaagse taken, maar ook helpen bij het vormgeven van onderwijsstrategieën (Bassen et al., 2020; Xia et al., 2018;). Dit wordt mogelijk gemaakt door het automatisch monitoren van leerlingengegevens. Wanneer docenten opmerken dat bepaalde onderwerpen lagere scores behalen, kunnen zij hun focus meer op deze gebieden leggen, waardoor het leerproces verder wordt geoptimaliseerd (Kim et al., 2023).

Tabel 3*Overzicht van onderzoeken bij H3*

Auteur(s)	Jaar	Type studie	Type onderwijs	Herkomst studie
Abolnejadian et al.	2024	Experiment	Middelbaar onderwijs	Azië
Bannert et al.	2015	Literatuurstudie	Niet gespecificeerd	Europa en Noord-Amerika
Bassen et al.	2020	Experiment	Niet gespecificeerd	Europa en Noord-Amerika
Berlanga en García	2005	Onderzoek naar algoritmisch model	Hoger onderwijs	Europa
Chen	2020	Literatuurstudie	Basisschool	Azië
Gong et al.	2018	Experiment	Basisschool	Azië
Jáquez-Pérez en Villa-Maciel	2021	Quasi-experiment	Middelbaar onderwijs	Noord-Amerika
Kim et al.	2023	Experimenteel	Niet gespecificeerd	Azië
Nazaretsky et al.	2022	Experiment	Hoger onderwijs	Azië
O'Rourke et al.	2015	Onderzoek naar algoritmisch model	Basisschool	Noord-Amerika
Pashev et al.	2016	Onderzoek naar algoritmisch model	Niet gespecificeerd	Europa
Winkler et al.	2010	Experiment	Hoger onderwijs	Europa
Xia et al.	2018	Literatuurstudie	Niet gespecificeerd	Azië

5. Discussie en conclusie

Deze scriptie richt zich op de inzetbaarheid van kunstmatige intelligentie (AI) voor differentiatie in het Nederlandse voortgezet onderwijs. Het doel van de studie is om te onderzoeken of AI gepersonaliseerd onderwijs kan bieden, positieve resultaten kan opleveren voor leerlingen en docenten kan ondersteunen. Door middel van een systematische review worden de eventuele mogelijkheden en beperkingen van AI in het onderwijs geëvalueerd. In deze scriptie heb ik drie hypothesen opgesteld en onderzoek ik de effecten van AI op

gepersonaliseerde ondersteuning, de resultaten van leerlingen en de ondersteuning van docenten.

In de eerste hypothese werd verwacht dat kunstmatige intelligentie in staat is om gepersonaliseerde onderwijssteuning te bieden op middelbare scholen in Nederland. Uit eerder onderzoek bleek dat AI goed is in het doen van routineuze taken en het herkennen van complexe patronen (Barenkamp et al., 2020; Marcus et al., 2018). Hierop was de aanname gebaseerd dat AI de potentie heeft om patronen te herkennen in de uitdagingen waarmee veel leerlingen te maken hebben, waardoor het onderwijs beter kan worden aangepast aan individuele behoeften. De veertien geanalyseerde studies van het huidige onderzoek bevestigen dat kunstmatige intelligentie gepersonaliseerde onderwijssteuning kan bieden. AI is in staat om adaptieve leeromgevingen en aangepaste leermaterialen te creëren die aansluiten bij de individuele behoeften van leerlingen. Verder kan AI ook door (*reverse*) *scaffolding* leerlingen ondersteunen. Twee kanttekeningen zijn echter dat er geen enkele geanalyseerde studie zich alleen op het Nederlands onderwijs heeft gericht en dat slechts drie studies alleen over het middelbaar onderwijs gaan. Ondanks deze kanttekeningen is het aannemelijk dat AI gepersonaliseerde onderwijssteuning kan bieden in het middelbaar onderwijs in Nederland, waardoor H1 bevestigd wordt. Dit komt doordat in alle studies positieve effecten zijn gevonden op verschillende onderwijsniveaus en binnen verschillende culturele contexten.

De tweede hypothese stelde dat gebruik van gepersonaliseerde AI zorgt voor positieve resultaten voor leerlingen. Eerder was al bekend dat een persoonlijke aanpak zorgt voor betere resultaten bij leerlingen (Cawley, 2017; Major et al., 2021; Manning et al., 2010; Morgan, 2014). Uit de dertien geanalyseerde studies voor H2 blijkt dat systemen die zich met behulp van AI aanpassen aan individuele leerstijlen, voorkennis en leertempo, leiden tot betere prestaties dan traditionele systemen. Naast de verbeterde prestaties is er ook een hogere mate van betrokkenheid bij leerlingen en vinden ze het ook aantrekkelijker om door AI gepersonaliseerde ondersteuning te krijgen. Bovendien biedt het gebruik van systemen met AI ten opzichte van traditioneel onderwijs ook andere voordelen, zoals directe beschikbaarheid van leermiddelen en verbeterde toegankelijkheid voor leerlingen met fysieke beperkingen. Ook zijn er geen studies die een vergelijking hebben gemaakt tussen gepersonaliseerd onderwijs gegeven door een AI vs. gegeven door een mens. Dat zou daarom een interessante vervolgstap kunnen zijn, omdat we nu niet weten hoe AI zich tot mensen verhoudt.

Een van de dertien studies toont echter aan dat alleen aanpassen aan individuele leerstijlen niet voldoende is om significante verbeteringen in de prestaties van leerlingen te krijgen (Mulwa et al., 2010). Wanneer meerdere factoren worden geïntegreerd, kan de volledige potentie van gepersonaliseerde AI in het onderwijs worden benut. Zo kan AI niet alleen de leerprestaties verbeteren, maar ook het leerproces aantrekkelijker en toegankelijker maken voor alle leerlingen. Concluderend kan H2 bevestigd worden, vooral wanneer er meerdere factoren dan alleen individuele leerstijlen worden meegenomen om persoonlijke onderwijsondersteuning te bieden.

Bij de derde hypothese werd gesteld dat docenten ondersteund kunnen worden door gepersonaliseerde AI in het onderwijs. Deze hypothese werd opgesteld aan de hand van studies waaruit bleek dat differentiatie lastig toe te passen is voor docenten (Bosker, 2005; Van Geel et al., 2018). Doordat AI-systemen aanzienlijk sneller data kunnen verwerken, goed zijn routineuze taken en het herkennen van complexe patronen, verwachtte ik dat AI docenten kunnen ondersteunen in het bieden van gepersonaliseerd onderwijs. Zoals hiervoor benoemd kan kunstmatige intelligentie helpen bij het genereren, verbeteren of automatiseren van leermateriaal. Dit verlicht niet alleen de werkdruk voor docenten, maar stelt hen ook in staat om meer tijd te besteden aan de psychologische groei van hun leerlingen. Bovendien kan AI docenten helpen bij het vormgeven van onderwijsstrategieën door automatisch leerlingengegevens te monitoren en hen te informeren over gebieden die meer aandacht vereisen. Dit alles draagt bij aan het optimaliseren van het leerproces en het verlichten van de taken van docenten, waardoor ook H3 bevestigd kan worden.

Als antwoord op de onderzoeksvraag kan kunstmatige intelligentie aanzienlijke ondersteuning bieden voor differentiatie in het Nederlandse middelbaar onderwijs. Onderzoek toont aan dat AI gepersonaliseerde ondersteuning kan bieden, wat leidt tot betere prestaties van leerlingen en dat AI docenten kan helpen bij taken zoals het genereren van leermateriaal en het monitoren van voortgang. Deze ondersteuning verlicht de werkdruk voor docenten en stelt hen in staat zich meer te richten op de groei van leerlingen.

5.1 Theoretische en praktische implicaties

Deze scriptie heeft aangetoond dat kunstmatige intelligentie aanzienlijke voordelen biedt voor differentiatie in het Nederlandse middelbaar onderwijs. Door de positieve resultaten van de verschillende studies betekent het dat AI de potentie heeft om het onderwijs te optimaliseren en de werkdruk van docenten te verlichten, waardoor leerlingen beter

presteren en docenten meer kunnen focussen op andere zaken zoals psychologische groei. Bovendien kan AI gepersonaliseerde leertrajecten ondersteunen, waardoor leerlingen op hun eigen tempo en niveau kunnen leren.

Dit onderzoek geeft een overkoepelend beeld in hoe AI kan ondersteunen in het onderwijs en wat de voor- en nadelen zijn. Voorafgaand aan dit onderzoek was al bekend dat differentiatie een significante invloed heeft op de onderwijskwaliteit (Tomlinson et al., 2003; Van De Pol et al., 2013; Van Geel et al., 2018). In deze eerdere onderzoeken werd alleen gekeken naar differentiatie in het algemeen en niet specifiek door AI. Daarbij was er eerder echter maar beperkt onderzoek gedaan naar de combinatie tussen differentiatie en kunstmatige intelligentie binnen het middelbaar onderwijs, terwijl leerlingen op dit niveau voor het eerst meer zelfstandigheid vereisen. Ook was al bekend dat AI de mogelijkheid had om menselijke processen te repliceren (Popenici & Kerr, 2017). Tot dusver ontbrak een overkoepelende studie die zich richtte op onderwijsondersteuning via kunstmatige intelligentie en differentiatie. Dit werd veroorzaakt doordat in onderzoeken naar differentiatie in het onderwijs met AI verschillende termen werden gebruikt die onder differentiatie vielen. Daarom werden verschillende vormen van de volgende termen die onder differentiatie vallen, opgenomen in de zoekopdracht: *'scaffolding'*, *'adaptability'*, *'personalisation'*, *'individualisation'* en *'differentiation'*. Doordat eerder verschillende termen werden gebruikt, resulteerde dit in een gebrek aan helderheid over hoe AI-ondersteuning kon worden ingezet voor differentiatie binnen het onderwijs.

Bovendien was er een gebrek aan specifiek onderzoek gericht op het Nederlandse middelbaar onderwijs, maar tonen de resultaten uit diverse onderwijscontexten zodanige voordelen dat we kunnen concluderen dat AI effectieve ondersteuning kan bieden bij differentiatie in het onderwijs. Vandaar dat middelbare scholen sterk aangeraden worden om kunstmatige intelligentie toe te passen om betere persoonlijke begeleiding aan te bieden voor individuen. Uit huidig onderzoek blijkt namelijk dat leerlingen en docenten hier beide baat bij hebben. Zo presteren leerlingen beter door op eigen niveau en tempo te werk kunnen gaan, en verlaagt het de werkdruk van docenten. Bij implementatie verbetert de kwaliteit van onderwijs, wat maatschappelijk bevorderlijk is.

5.2 Limitaties en suggesties voor vervolgonderzoek

Hoewel de resultaten van dit onderzoek een solide basis bieden voor het inschatten van de generaliseerbaarheid ervan over diverse onderwijscontexten, is het van toegevoegde waarde om in de toekomst onderzoek uit te voeren binnen het Nederlandse middelbaar

onderwijs om dit te verifiëren. Er werd al eerder benoemd dat er minder onderzoek is gedaan naar differentiatie in het middelbaar onderwijs en dat bleek ook uit huidig onderzoek. Bij het doen van zoekopdrachten in ACM Digital Library, bleven er te weinig onderzoeken over wanneer een van de zoektermen specifiek over het middelbaar onderwijs ging. Dit gold ook voor de focus op het onderwijs in Nederland, dus vandaar dat de keuze is gemaakt om dit bij de analyse niet als vereiste te stellen. Vandaar dat de aanname dat er positieve effecten zullen zijn bij differentiatie door middel van AI getest zou kunnen worden door toekomstig onderzoek.

Verder dient er rekening gehouden te worden met publicatie bias, aangezien studies met (positieve) effecten vaker worden gepubliceerd dan studies zonder effecten. Dit zou een mogelijke reden kunnen zijn waarom alle geanalyseerde onderzoeken positieve resultaten bevatten. Er bestaat namelijk een mogelijkheid dat onderzoeken naar differentiatie in het onderwijs zonder effecten niet gepubliceerd worden.

Bovendien raad ik aan om verder onderzoek te doen naar de bevindingen van dit onderzoek met betrekking tot ethische overwegingen. Geen van de onderzochte studies houdt rekening met mogelijke ethische nadelen in relatie tot de resultaten. Terwijl er wel kwesties zijn buiten de positieve effecten voor leerlingen en de vermindering van de werkdruk van docenten die nadelig kunnen zijn voor de integratie van AI in het onderwijs. Zoals eerder uiteengezet in het theoretisch kader zijn AI systemen vaak niet transparant, waardoor het toewijzen van verantwoordelijkheid bij fouten of misbruik lastig is (Green, 2018). Bovendien bestaat het risico op datalekken, waardoor gegevens van leerlingen terecht kunnen komen waar ze niet thuishoren (Vinod et al., 2022). Tot slot kan het gebruik van kunstmatige intelligentie nadelige gevolgen hebben voor het milieu. Door deze aspecten mee te nemen in vervolgonderzoek kan een vollediger advies worden gegeven aan beleidsmakers van Nederlandse middelbare scholen.

5.3 Conclusie

Uit deze scriptie blijkt dat kunstmatige intelligentie voordelen biedt voor differentiatie in het Nederlandse middelbare onderwijs. De systematische review toont aan dat AI gepersonaliseerde onderwijsondersteuning kan bieden, wat leidt tot verbeterde leerprestaties en ondersteuning voor docenten. AI-systemen kunnen adaptieve leeromgevingen en aangepaste leermaterialen creëren die aansluiten bij de individuele behoeften van leerlingen, wat de onderwijskwaliteit ten goede komt. Ondanks de beperkingen van het huidige onderzoek, zoals de beperkte focus op het Nederlandse middelbare onderwijs en mogelijke

publicatiebias, bieden de bevindingen voldoende bewijs om de inzet van AI voor differentiatie in het onderwijs te ondersteunen.

Referenties

- Abolnejadian, M., Alipour, S., & Taeb, K. (2024). Leveraging ChatGPT for Adaptive Learning through Personalized Prompt-based Instruction: A CS1 Education Case Study. *CHI*. <https://doi.org/10.1145/3613905.3637148>
- Bannert, M., Molenaar, I., Azevedo, R., Järvelä, S., Gašević, D. (2015). Relevance of Learning Analytics to Measure and Support Students' Learning in Adaptive Educational Technologies. In EARLI-Centre For Innovative Research (E-CIR) "Measuring And Supporting Student's Self-Regulated Learning in Adaptive Educational Technologies". <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3027385.3029463>
- Barenkamp, M., Rebstadt, J., & Thomas, O. (2020). Applications of AI in classical software engineering. *AI Perspectives*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s42467-020-00005-4>
- Bassen, J., Balaji, B., Schaarschmidt, M., Thille, C., Painter, J., Zimmaro, D., Games, A., Fast, E., Mitchell, J. C. (2020). Reinforcement Learning for the Adaptive Scheduling of Educational Activities. In *CHI 2020*. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3313831.3376518>
- Berlanga, A. J., & García, F. J. (2005). Authoring Tools for Adaptive Learning Designs in Computer-Based Education. *CLHC'05*, 190. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1111360.1111380>
- Bosker, R. J. (2005). De grenzen van gedifferentieerd onderwijs. Rijksuniversiteit Groningen
- Chamorro-Premuzic, T., & Furnham, A. (2003). Personality predicts academic performance: Evidence from two longitudinal university samples. *Journal of Research in Personality*, 37(4), 319–338. [https://doi.org/10.1016/s0092-6566\(02\)00578-0](https://doi.org/10.1016/s0092-6566(02)00578-0)
- Chase, K., & Abrahamson, D. (2015). Reverse scaffolding. *IDC 2015 Medford*. <https://doi.org/10.1145/2771839.2771859>

- Chen, X. (2020). *AI + Education: Self-adaptive Learning Promotes Individualized Educational Revolutionary*. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3399971.3399984>
- Conlan, O. (2000). Novel components for supporting adaptivity in education Systems - Model-based integration approach. *MULTIMEDIA '00*.
<https://doi.org/10.1145/354384.376509>
- De Raad, B., & Schouwenburg, H. C. (1996). Personality in learning and education: a review. *European Journal of Personality*, 10(5), 303-336.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0984\(199612\)10:5<303::AID-PER262>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0984(199612)10:5<303::AID-PER262>3.0.CO;2-2)
- De Wit, J., Schodde, T., Willemsen, B., Bergmann, K., De Haas, M., Kopp, S., Krahmer, E., & Vogt, P. (2018). The Effect of a Robot's Gestures and Adaptive Tutoring on Children's Acquisition of Second Language Vocabularies. *Proceedings Of The 2018 ACM/IEEE International Conference On Human-Robot Interaction*.
<https://doi.org/10.1145/3171221.3171277>
- Deunk, M. I., Smale-Jacobse, A. E., De Boer, H., Doolaard, S., & Bosker, R. J. (2018). Effective differentiation Practices: A systematic review and meta-analysis of studies on the cognitive effects of differentiation practices in primary education. *Educational Research Review*, 24, 31–54. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.02.002>
- Eckroth, J. (2018). AI education. *AI Matters*, 3(4), 21–22.
<https://doi.org/10.1145/3175502.3175508>
- Eikeland, I., & Ohna, S. E. (2022). Differentiation in education: a configurative review. *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*, 157–170.
<https://doi.org/10.1080/20020317.2022.2039351>
- Ferjaoui, D. & Cheniti Belcadhi, L. (2020). A Conceptual Model for Personalized Learning based on Educational Robots. In *Eighth International Conference on Technological*

Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'20) (p. 5).

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3434780.3436609>

Feyock, S., & Ford, T. (1976). Individual learning styles and computer science education.

ACM '76: Proceedings Of The 1976 Annual Conference.

<https://doi.org/10.1145/800191.805553>

Gong, T.-J., Yao, X., & Wei Ma. (2018). GRE: An Adaptive and Personalized Exercise

Model for K12 Online Education. In *ICEEL 2018* (p. 48).

Association for Computing Machinery.

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3291078.3291118>

Green, B. P. (2018). Ethical Reflections on Artificial Intelligence. *Scientia Et Fides*, 6(2), 9.

<https://doi.org/10.12775/setf.2018.015>

Harris, K. R., & Graham, S. (1994). Constructivism: principles, paradigms, and integration.

Journal of Special Education, 28(3), 233–247.

<https://doi.org/10.1177/002246699402800301>

Hertberg-Davis, H. (2009). Myth 7: Differentiation in the Regular Classroom Is Equivalent to

Gifted Programs and Is Sufficient: Classroom Teachers Have the Time, the Skill, and

the Will to Differentiate Adequately. *Gifted Child Quarterly*, 53(4), 251-253.

<https://doi.org/10.1177/0016986209346927>

Houtveen, A. a. M., Van De Grift, W., & Creemers, B. (2004). Effective school improvement

in mathematics. *School Effectiveness and School Improvement*, 15(3–4), 337–376.

<https://doi.org/10.1080/09243450512331383242>

Jáquez-Pérez, S. I., Tecnológico de Monterrey & Villa-Maciel, M. D. C. (2021). Adaptive

Learning of Reading Comprehension: Innovation with Technologies for Middle

Education. In *Ninth International Conference on Technological Ecosystems for*

Enhancing Multiculturality (TEEM'21) (p. 5).

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3486011.3486497>

Kim, D.-E., Hong, C., & Kim, W.-H. (2023). Efficient Transformer-based Knowledge Tracing for a Personalized Language Education Application. *Proceedings Of The Tenth ACM Conference On Learning @ Scale (L@S '23)*, 5.

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3573051.3596183>

Kirova, V. D., Ku, C. S., Laracy, J. R., & Marlowe, T. J. (2024). Software Engineering Education Must Adapt and Evolve for an LLM Environment. SIGCSE 2024: Proceedings Of The 55th ACM Technical Symposium On Computer Science Education V. 1. <https://doi.org/10.1145/3626252.3630927>

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, Problem-Based, experiential, and Inquiry-Based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.

https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

Kraaykamp, G., Tolsma, J., & Wolbers, M. H. (2013). Educational expansion and field of study: trends in the intergenerational transmission of educational inequality in the Netherlands. *British Journal of Sociology of Education*, 34(5/6), 888–906.

<https://www.jstor.org/stable/43818804>

Kurkovsky, S., Goldweber, M., Sommer, N., & Williams, C. A. (2024). Scaffolded Projects for the Social Good: A Strategy for Deploying Studio Model in CS Education. SIGCSE 2024: Proceedings Of The 55th ACM Technical Symposium On Computer Science Education V. 2. <https://doi.org/10.1145/3626253.3635487>

Leppink, J., Broers, N. J., Imbos, T., Van Der Vleuten, C. P., & Berger, M. P. (2012). Prior knowledge moderates instructional effects on conceptual understanding of statistics. *Educational Research And Evaluation*, 18(1), 37–51.

<https://doi.org/10.1080/13803611.2011.640873>

Major, L., Francis, G. A., & Tsapali, M. (2021). The effectiveness of technology-supported personalised learning in low- and middle-income countries: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 52(5), 1935–1964.

<https://doi.org/10.1111/bjet.13116>

Marcus, G. (2018). Deep Learning: a critical appraisal. *arXiv (Cornell University)*.

<https://doi.org/10.48550/arxiv.1801.00631>

McCarthy, J. (1963). *Situations, Actions, and Causal Laws*.

<https://doi.org/10.21236/ad0785031>

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. (2021, August 23). *Schematische weergave Nederlands onderwijsstelsel*. Onderwijs Algemene Feiten En Cijfers | OCW in Cijfers.

<https://www.ocwincijfers.nl/sectoren/onderwijs-algemeen/schooltypen/schooltypen>

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. (2023, December 15). *Feiten en cijfers over leraren en het lerarentekort*. Rapport | Rijksoverheid.nl.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/12/15/bijlage-5-factsheet-lerarentekort>

Moerland, S. (2023, August 21). Een nieuw schooljaar, maar zorgen over lerarentekort onverminderd. *NOS*.

<https://nos.nl/artikel/2487415-een-nieuw-schooljaar-maar-zorgen-over-lerarentekort-onverminderd>

Mulwa, C., Lawless, S., Sharp, M., Arnedillo-Sanchez, I., Wade, V. (2010). Adaptive Educational Hypermedia Systems in Technology Enhanced Learning: A Literature Review. In *SIGITE'10, October 7-9, 2010, Midland, Michigan, USA*.

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1867651.1867672>

Nazaretsky, T., Bar, C., Walter, M., & Alexandron, G. (2022). Empowering Teachers with AI:

Co-Designing a Learning Analytics Tool for Personalized Instruction in the Science Classroom. In *LAK22: 12th International Learning Analytics and Knowledge Conference*. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3506860.3506861>

Nikkel. (2023). *ChatGPT bereikt bijna anderhalf miljoen personen in Nederland*.

<https://www.gfk.com/press/chatbot-chatgpt-bereikt-nagenoeg-anderhalf-miljoen-personen-in-nederland>

NOS. (2023, 31 mei). Kunstmatige intelligentie vreet stroom, één opdracht hetzelfde als een uur een lamp aan. Geraadpleegd van

<https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2477186-kunstmatige-intelligentie-vreet-stroom-een-opdracht-hetzelfde-als-een-uur-een-lamp-aan>

OpenAI (2024). *Planning for AGI and beyond*.

<https://openai.com/blog/planning-for-agi-and-beyond>

O'Rourke, E., Andersen, E., Gulwani, S. & Zoran Popovic'. (2015). A Framework for Automatically Generating Interactive Instructional Scaffolding. *CHI 2015, April 18 - 23, 2015, Seoul, Republic Of Korea*.

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2702123.2702580>

Ouyang, J., & Ye, N. (2023). Differentiated instruction: Meeting the needs of all learners. *Curriculum and Teaching Methodology*, 6(11).

<https://doi.org/10.23977/curtm.2023.061111>

Pashev, G., Totkov, G., Kostadinova, H., & Indzhov, H. (2016). Personalized Educational Paths through Self-Modifying Learning Objects. *Computer Systems And Technologies*. <https://doi.org/10.1145/2983468.2983516>

Popenici, S., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>

- Poropat, A. E. (2009). A meta-analysis of the five-factor model of personality and academic performance. *Psychological Bulletin*, 135(2), 322–338.
<https://doi.org/10.1037/a0014996>
- Rahdari, B., Ding, H., Fan, Z., Ma, Y., Chen, Z., Deoras, A., & Kveton, B. (2024). Logic-Scaffolding: Personalized Aspect-Instructed Recommendation Explanation Generation using LLMs. *WSDM '24: Proceedings Of The 17th ACM International Conference On Web Search And Data Mining*.
<https://doi.org/10.1145/3616855.3635689>
- Roiha, A., & Heinonen, P. (2023). 'A learner is like a snowflake, each unique': Uncovering pre-service language teachers' perceptions of differentiation relying on visualisations, metaphors and group discussions. *Journal of Research in Special Educational Needs*.
<https://doi.org/10.1111/1471-3802.12636>
- Roschelle, J. (1995). Learning in interactive environments: Prior knowledge and new experience. In J.H. Falk & L.D. Dierking, *Public institutions for personal learning: Establishing a research agenda*. Washington, DC: American Association of Museums, 37-51
- Salehi, H., & Burgueño, R. (2018). Emerging artificial intelligence methods in structural engineering. *Engineering Structures/Engineering Structures (Online)*, 171, 170–189.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.05.084>
- Saracardoso. (2023, December 8). *Universiteit biedt binnenkort ChatGPT aan in eigen veilige cloudomgeving - Erasmus Magazine*. Erasmus Magazine.
<https://www.erasmusmagazine.nl/2023/12/07/universiteit-biedt-binnenkort-chatgpt-aa-n-in-eigen-veilige-cloudomgeving/>
- Scheider, S., Rosenfeld, S., Bink, S., & Lecina, N. (2023). Educational inequality due to lack of validity: A methodological critique of the Dutch school system. *International*

Journal of Educational Research, 117, 102097.

<https://doi.org/10.1016/j.jer.2022.102097>

Slay, J., Quirchmayr, G., Kurzel, F. & Hagenus, K. (2002). *Adaptive Learning Environments for CS Education – From AMLE to Live Spaces* [Conference-proceeding].

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/858403.858434>

Smale-Jacobse, A. E., Meijer, A., Helms-Lorenz, M., & Maulana, R. (2019). Differentiated Instruction in Secondary Education: A Systematic Review of Research evidence.

Frontiers in Psychology, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02366>

Stipek, D. J., Givvin, K. B., Salmon, J. M., & MacGyvers, V. (1998). Can a teacher intervention improve classroom practices and student motivation in mathematics? *The Journal of Experimental Education*, 66(4), 319–337.

<https://doi.org/10.1080/00220979809601404>

Subban, P. (2006). Differentiated Instruction: A Research Basis. *International education journal*, 7, 935-947.

Sutinen, A. (2007). Constructivism and education: education as an interpretative transformational process. *Studies in Philosophy and Education*, 27(1), 1–14.

<https://doi.org/10.1007/s11217-007-9043-5>

Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K.,

Conover, L. A., & Reynolds, T. (2003). Differentiating instruction in response to student readiness, interest, and learning profile in academically diverse classrooms: A Review of literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 27(2–3), 119–145.

<https://doi.org/10.1177/016235320302700203>

Van Bommel, M., Boshuizen, H. P. A., & Kwakman, K. (2015). Appreciation of a constructivist curriculum for learning theoretical knowledge by social work students with different kinds and levels of learning motivation. *International Journal of*

Educational Research, 71, 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2015.03.002>

Van De Grift, W. (2007). Quality of teaching in four European countries: a review of the literature and application of an assessment instrument. *Educational Research*, 49(2), 127–152. <https://doi.org/10.1080/00131880701369651>

Van De Grift, W., Helms-Lorenz, M., & Maulana, R. (2014). Teaching skills of student teachers: Calibration of an evaluation instrument and its value in predicting student academic engagement. *Studies in Educational Evaluation*, 43, 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2014.09.003>

Van De Pol, J., Volman, M., Oort, F. J., & Beishuizen, J. (2013). Teacher scaffolding in Small-Group Work: an intervention study. *Journal of the Learning Sciences*, 23(4), 600–650. <https://doi.org/10.1080/10508406.2013.805300>

Van Geel, M., Keuning, T., Frèrejean, J., Dolmans, D., Van Merriënboer, J., & Visscher, A. J. (2018). Capturing the complexity of differentiated instruction. *School Effectiveness and School Improvement*, 30(1), 51–67.

<https://doi.org/10.1080/09243453.2018.1539013>

Vinod, N. a. C., Ananthakrishnan, N. A., Abhishek, N. A., Adithyan, N. S., & Varghese, N. T. (2022). Is artificial intelligence a threat or a benefit? *International Journal of Engineering Technology and Management Sciences*, 6(5), 553–555.

<https://doi.org/10.46647/ijetms.2022.v06i05.087>

Wijkman-van Aalst (2023, January 25). Nieuwe uitdaging op scholen: scholieren laten huiswerk door ChatGPT maken. *NU.nl*.

<https://www.nu.nl/algemeen/6247374/nieuwe-uitdaging-op-scholen-scholieren-laten-huiswerk-door-chatgpt-maken.html>

Winkler, R. & Hobert, S. (2020). Sara, the Lecturer: Improving Learning in Online Education with a Scaffolding-Based Conversational Agent. In *CHI '20* (pp. 1–1)

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3313831.3376781>

Xia, W., Qin, H. & Li, X. (2018). *Language Gene Basis for Precision Personalized Education and Liberal Education (I)* (p. 112) [Journal-article]. Association for Computing Machinery. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3268808.3268859>

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64-70.